

Der Wellenberg bei Frauenfeld : die jüngsten Anteile der Oberen Süsswassermolasse der Ostschweiz : biostratigraphische Daten und tektonische Implikationen

Autor(en): **Kälin, Daniel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **59 (2003)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-593967>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Der Wellenberg bei Frauenfeld – die jüngsten Anteile der Oberen Süsswassermolasse der Ostschweiz: biostratigraphische Daten und tek- tonische Implikationen

DANIEL KÄLIN

Mitt. thurg. naturf. Ges.	59	23 Seiten	5 Abb. 1 Tab.	2 Tafeln	Frauenfeld 2003
---------------------------	-----------	--------------	------------------	-------------	-----------------

1 EINLEITUNG

Ausgangspunkt dieser Ausführungen ist der maximal bis 702 m ü. M. reichende Wellenberg (Welebärg) östlich von Frauenfeld (Abbildung 1), welcher ein morphologisch auffälliges Element innerhalb der Ostschweizer Molasselandschaft darstellt. Seine SE-Seite wird von einer für die Molasse eher untypisch steilen Flanke gebildet, während die NW-Seite flach abfällt. Die unteren Anteile des Wellenberges werden hauptsächlich von Mergeln, Silt- und Sandsteinen der Oberen Süsswassermolasse (OSM) aufgebaut, ab ca. 590–600 m ü. M. überwiegen Konglomerate, in die sich aber gelegentlich noch feindetritische Sedimente einschalten. Das diese Abfolge am besten repräsentierende Profil Chräzerentobel (südöstlich von Hüttlingen) wurde detailliert aufgenommen; in stark vereinfachter Form ist es in Abbildung 2 (Faltnafel am Schluss des Buches) wiedergegeben.

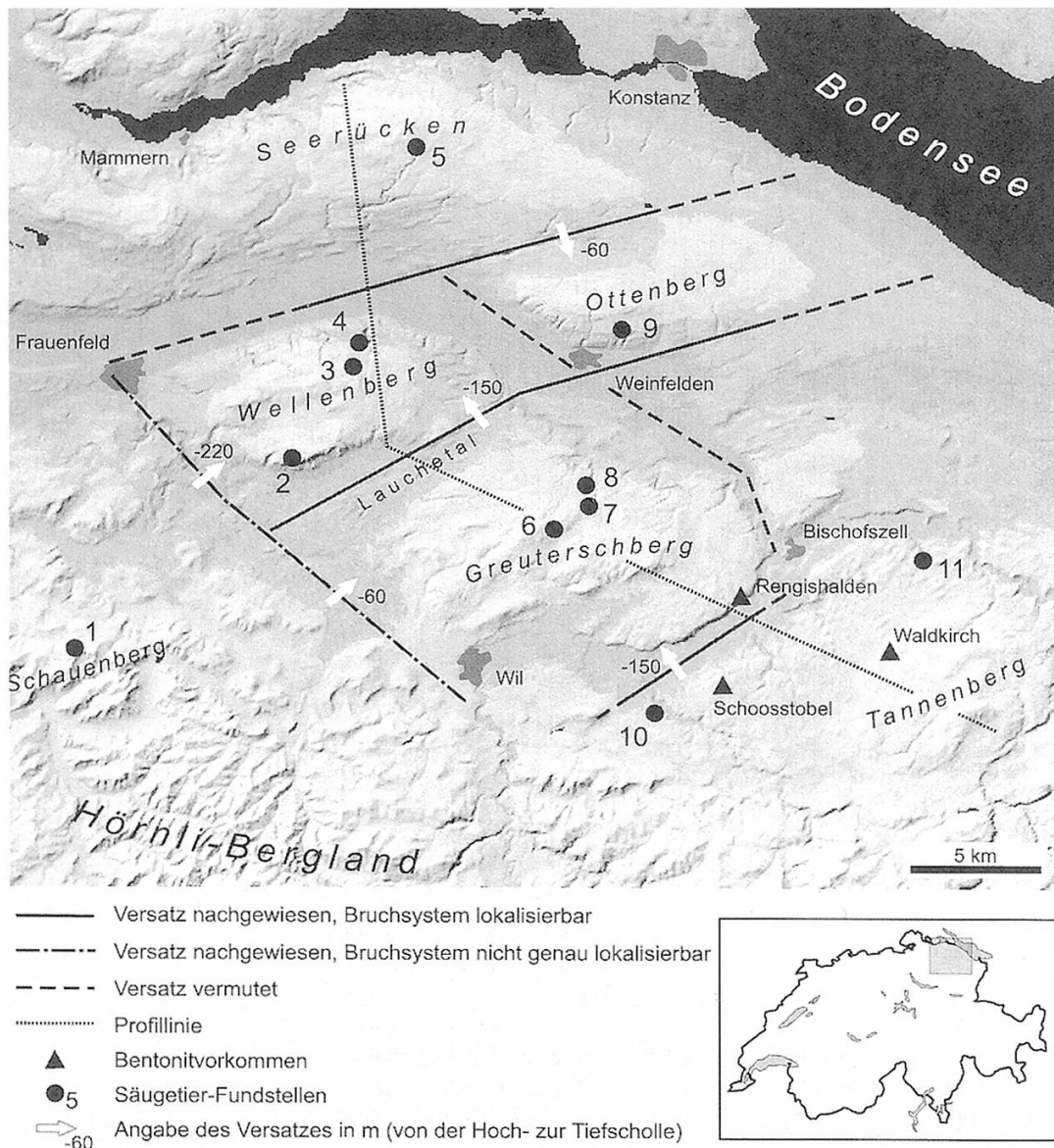


Abbildung 1: Geographische Übersicht mit Angabe der im Text erwähnten Säugetierfundstellen sowie Lage der verschiedenen untersuchten Profilregionen. Aufgeführt sind nur die im Text diskutierte Bruchsysteme. 1: Schauenberg, 2: Imenberg, 3: Chräzerentobel 655 m, 4: Chräzerentobel 505 m und 523 m, 5: Helsighausen, 6: Greuterschberg, 7: Mettlen-Weid, 8: Mettlen 4, 9: Ottenberg 3, 10: Uzwil-Nutzenbuech, 11: Lauffenbach.

Für die biostratigraphische Datierung terrestrischer Ablagerungen hat sich in den letzten 30 Jahren die Arbeit mit den Überresten fossiler Säugetiere (hauptsächlich Zähne von Kleinsäugetern) als geeignetste Methode erwiesen. Als biostratigraphisches System gelangen dabei die europäischen MN-Einheiten (MEIN, 1975, 1989) zur Anwendung (vgl. auch Abbildung 3, Falttafel am Schluss des Buches). Für die schweizerische Molasse existieren zusätzlich detaillierte Lokalzonierungen für die Untere Süsswassermolasse und die Obere Meeresmolasse (ENGESSER & MÖDDEN, 1997; KÄLIN, 1997), die die MN-Zonierung bezüglich Auflösung um den Faktor 2–3 übertreffen und zudem magnetostratigraphisch abgesichert sind (KEMPF et al. 1997). Eine Lokalzonierung der schweizerischen OSM ist durch den Autor abgeschlossen worden und wird demnächst publiziert werden. Die provisorische Zonierung der schweizerischen OSM ist in KÄLIN et al. (2001) in Tabellenform wiedergegeben und gelangt auch in der vorliegenden Arbeit zur Anwendung (Abbildung 3).

Im Gebiet des Wellenberges erfolgten die ersten Kleinsäugetierfunde im Rahmen einer Dissertation (BOLLIGER, 1992), wobei für die Fundstelle Imenberg (Imebärg) (610 m ü. M.) auf der Südseite des Wellenbergs trotz des damals geringen Fundmaterials bereits ein relativ junges Alter vermutet wurde. Im Rahmen der Erarbeitung einer detaillierten Biozonierung der schweizerischen OSM wurden in der thurgauischen OSM zahlreiche neue Säugetierfundstellen entdeckt und in der Folge z.T. intensiv beprobt. Bei den wichtigsten neu entdeckten Fundstellen handelt es sich um: Greuterschberg, Chräzerentobel 523 m, Chräzerentobel 505 m, Niderwis und Mettlen-Weid.

Zusammen mit den von BOLLIGER (1992, 1994, 1996, 1998) aufgeführten Lokalitäten Imenberg, Helsighausen, Mettlen 4, Ottenberg (Ottebärg) 3 und Chräzerentobel 655 m liegen nun mehrere, z.T. sehr gut dokumentierte Fundstellen aus der thurgauischen OSM vor, die biostratigraphisch gut eingestuft werden konnten. Die geographische Lage der Fundstellen geht

Lokalität	Alter	Materialmenge n =	Koordinaten	topographische Höhe	Aufbewahrungsort des Materials
Chräzerentobel 655 m	MN 7+8	~400	716.625/270.075	655 m	Coll. Kälin, PIMUZ
Chräzerentobel 523 m	MN 7+8	90	716.550/269.940	523 m	Coll. Kälin
Chräzerentobel 505 m	MN 7+8	200	716.510/269.140	505 m	NHMB
Greuterschberg	MN 7+8	60	724.275/262.045	730 m	NHMB
Helsighausen	MN 7	~200	721.800/277.800	600 m	PIMUZ, Coll. Bolliger
Imenberg	MN 7+8	180	714.350/265.450	610 m	NHMB, Coll. Bolliger, PIMUZ
Lauftenbach	MN 6	10	739.680/261.390	520 m	PIMUZ
Mettlen 4	MN 6	~3500	726.450/265.030	545 m	Coll. Bolliger, Coll. Kälin, NHMB, PIMUZ
Mettlen-Weid	MN 6	300	725.600/263.430	630 m	NHMB, Coll. Kälin
Niderwis	MN 6	210	712.940/254.930	680 m	NHMB
Ottenberg 3	MN 7+8	180	726.950/270.800	555 m	NHMB, PIMUZ
Uzwil-Nutzenbuech	MN 6	~700	729.290/255.830	520 m	NHMB

NHMB = Naturhistorisches Museum Basel
PIMUZ = Paläontologisches Institut und Museum der Universität Zürich
Coll. Kälin = Privatsammlung Kälin
Coll. Bolliger = Privatsammlung Bolliger

Tabelle 1: Angaben zu den wichtigsten im Text erwähnten Säugetierfundstellen.

Abbildung 2 + 3: Falttafeln am Schluss des Buches

aus Abbildung 1 und Tabelle 1 hervor, die lithostratigraphische Position aus Abbildung 3. Reichhaltigkeit und Aufbewahrungsort der Faunen sind in Tabelle 1 dokumentiert. Die für die Alterseinstufung ausschlaggebenden Faunenlisten der erwähnten Lokalitäten sind im Anhang aufgeführt. Die biostratigraphisch wichtigsten Arten sind in den Abbildungen 4 und 5 festgehalten.

2 ALTERSEINSTUFUNG DER VERSCHIEDENEN FUNDSTELLEN

Im Rahmen zweier Nationalfondsprojekte erfolgte eine detaillierte Biozonierung der schweizerischen OSM, basierend auf mehreren Profilen mit zahlreichen Säugetierfundstellen. Eine weitere Absicherung erfolgte durch den Einbezug datierter Bentonithorizonte¹ sowie magnetostratigraphisch untersuchter Profile. Eine Publikation der Resultate ist demnächst vorgesehen, provisorische Resultate sind in KÄLIN et al. (2001, S. 90) aufgeführt. Basierend auf dieser Zonierung, die tabellarisch in Abbildung 3 widergegeben ist, werden im folgenden die biostratigraphischen Positionen der Fundstellen Mettlen 4, Niderwis, Mettlen-Weid, Chräzerentobel 505 m und 523 m, Imenberg, Ottenberg 3, Greuterschberg und Chräzerentobel 655 m diskutiert (Faunenlisten im Anhang). Die für die Biozonierung verwendeten Taxa sind dabei im wesentlichen die Nagetier-Familien der Cricetidae (Hamsterartige) und Eomyidae (ausgestorbene Nagetier-Familie).

Mettlen 4

Die Fundstelle Mettlen 4 (BOLLIGER, 1997) lässt sich gut mit der schweizerischen Referenzlokalität Oeschgraben im Napf-Profil (KÄLIN, 1997) vergleichen, welche in eine hohe MN 6 eingestuft wird. Im direkten Vergleich mit Oeschgraben scheint Mettlen 4 geringfügig jünger zu sein, die beste Übereinstimmung der Fauna zeigt sich mit derjenigen von Zeglingen (HÜRZELER, 1939; KÄLIN, 1993). In beiden Fundstellen (Mettlen 4 und Zeglingen) treten *Cricetodon* (cf.) *sansaniensis*, *Megacricetodon* aff. *germanicus* sowie eine Vorläuferform von *Democricetodon freisingensis* auf.

Niderwis

Die Fundstelle Niderwis repräsentiert exakt das Entwicklungsniveau der europäischen Referenzlokalität für MN 6, Sansan (Frankreich). Das Entwicklungsniveau mehrerer Arten (z.B. *Cricetodon sansaniensis*, *Eomuscardinus sansaniensis*, *Democricetodon freisingensis* usw.) entspricht dabei genau demjenigen in der Fauna von Sansan. Mit Niderwis ist damit der erstmalige Nachweis einer Fauna von exakt Sansan-Alter in der Molasse gelungen. Gegenüber der tiefergelegenen Fauna Mettlen 4 unterscheidet sich Niderwis durch den grösseren, exakt der Form von Sansan entsprechenden *Democricetodon freisingensis*. Gegenüber der höherliegenden Fauna Mettlen-Weid unterscheidet sich die Fauna Niderwis durch das Fehlen von *Megacricetodon similis* und die unterschiedliche *Cricetodon*-Art (Niderwis: *Cricetodon sansaniensis*, Mettlen-Weid: *Cricetodon* sp. A; eine extrem grosse, neue Art von *Cricetodon*).

Mettlen-Weid

Die Fundstelle Mettlen-Weid liegt topographisch ca. 75 m über der Fundstelle Mettlen 4. Im Gegensatz zu den genannten Fundstellen Oeschgra-

¹ Fossile vulkanische Aschenlagen, können z.T. numerisch datiert werden.

ben, Zeglingen und Mettlen 4 tritt in der Fauna Mettlen-Weid bereits *Megacricetodon similis* auf. *Megacricetodon germanicus* von der Grösse der Typuspopulation von Anwil und *Megacricetodon aff. minor* fehlen noch. Hingegen tritt in Mettlen-Weid zum ersten Mal eine *Keramidomys*-Form auf, die in ihrer Morphologie stark an *Keramidomys mohleri* von Anwil anschliesst, jedoch noch nicht dessen Grösse erreicht. Diese Form wird vorläufig als *Keramidomys aff. mohleri* aufgeführt (vgl. Abbildung 4). Ausserdem ist in der Fauna Mettlen-Weid eine bedeutend grössere Art von *Cricetodon* belegt als von Oeschgraben oder Mettlen 4 (beide *Cricetodon cf. sansaniensis*). Mettlen-Weid wird deshalb in die höchste MN 6 eingestuft, geringfügig jünger als Sansan, die europäische Referenzlokalität für MN 6.

Chräzerentobel 505 m, Chräzerentobel 523 m

Die Fauna Chräzerentobel 505 m enthält drei verschiedene *Megacricetodon*-Arten: *M. germanicus*, *M. similis* und *M. aff. minor*. *M. similis* tritt bereits in Faunen der höchsten MN 6 auf (Schauenberg-Langriet, Mettlen-Weid). *M. germanicus* von der Grösse der Typuspopulation von Anwil hingegen ist bisher aus der schweizerischen OSM erst nach dem Auftreten von *M. gregarius*, dem Leitfossil für MN 7 bekannt. Dasselbe gilt für *M. aff. minor*. Beide Arten (*M. germanicus* und *M. aff. minor*) sind in den klassischen MN 7-Faunen der Schweiz (Helsighausen, BOLLIGER, 1994 und Le Locle, KÄLIN et al. 2001) nicht vertreten. Typische Formen, die für MN 8 sprechen, wie etwa *Deperetomys*, fehlen in der Fauna von Chräzerentobel 505 m. Aus diesem Grund wird Chräzerentobel 505 m in den höheren Bereich von MN 7 gestellt. Nach der Nomenklatur von DE BRUIJN et al. (1992) würde dies dem basalen Teil von MN 7+8 entsprechen (vgl. Abbildung 3). Speziell hervorzuheben ist ferner das Auftreten einer extrem grossen *Cricetodon*-Art in der Fauna Chräzerentobel 505 m.

Die Fauna Chräzerentobel 523 m enthält im Wesentlichen die gleichen stratigraphisch wichtigen Formen, liegt aber im Profil ca. 18 m höher.

Ottenberg 3 und Greuterschberg

Für die beiden Faunen Ottenberg 3 und Greuterschberg genügt die Auflistung eines Taxons, um zu einer sicheren Alterseinstufung zu gelangen: *Deperetomys*, ein grosser *Cricetide*, ist charakteristisch für MN 8. In der Fauna Greuterschberg tritt zudem eine *Keramidomys*-Form auf, die sowohl morphologisch wie dimensionell eng an *Keramidomys mohleri* von der Typlokalität Anwil anschliesst. Eine weitere Affinität zu Anwil, der ursprünglichen Referenzlokalität für MN 8 im Sinne von MEIN (1975), zeigt sich im Auftreten der seltenen Art *Neocometes brunonis* in der Fauna von Greuterschberg. Anzufügen bleibt, dass in der Fauna von Ottenberg 3 eine weitere, relativ seltene *Cricetiden*-Gattung auftritt: *Collimys cf. transversus*.

Imenberg

Die Fauna Imenberg enthält die gleichen stratigraphisch relevanten Faunenelemente wie Chräzerentobel 505 m, liegt aber unter der Annahme ungestörter Lagerungsverhältnisse ca. 80–90 m über der letztgenannten Fundstelle. Die grosse *Democricetodon*-Art (*Democricetodon cf. freisingensis*) von Imenberg wirkt zudem bereits moderner (reduzierter) als die mit den typischen, lang ausgebildeten *Anteromesolophen* und *Mesolophen* versehene *Democricetodon freisingensis*-Form von Chräzerentobel 505 m. Aus diesem Grund wird für die Fauna Imenberg ein MN 8-Alter veranschlagt, ob-

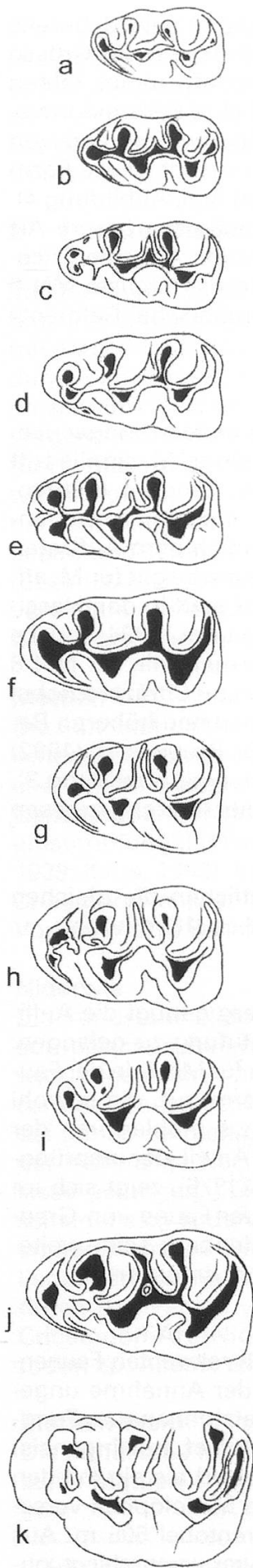


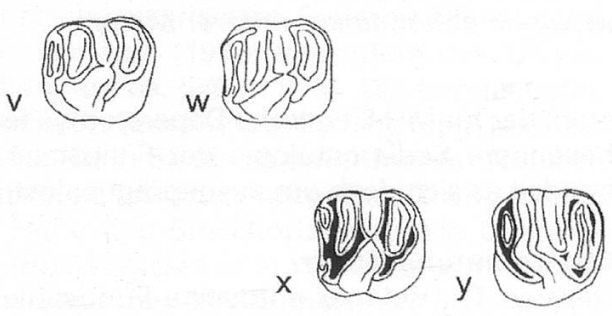
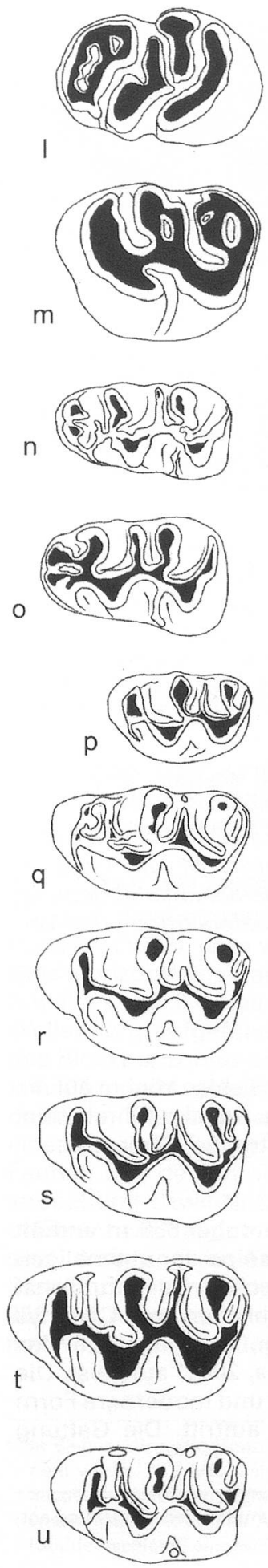
Abbildung 4: Charakteristische Zahnpositionen der für den Zeitbereich hohe MN 6 – MN 8 stratigraphisch wichtigsten Nagetier-Arten aus der Ostschweiz. Massstab ca. 12,5:1.

- a: *Megacricetodon aff. minor* (LARTET, 1851). Chräzerentobel 505 m. m_1 dext. (invers), Crä 1.
- b: *Megacricetodon minor* (LARTET, 1851). Mettlen 4. m_1 dext. (invers), KMe4-1.
- c: *Megacricetodon similis* FAHLBUSCH, 1964. Mettlen-Weid. m_1 sin., MeW 1.
- d: *Megacricetodon aff. germanicus* AGUILAR, 1980. Mettlen 4. m_1 dext. (invers), KMe4-2.
- e: *Megacricetodon cf. gregarius* (SCHAUB, 1925). Helsighausen. m_1 dext. (invers), PIMUZ A/V 2091.
- f: *Megacricetodon germanicus* AGUILAR, 1980. Chräzerentobel 505 m. m_1 sin., Crä 2.
- g: *Democricetodon brevis* (SCHAUB, 1925). Mettlen 4. m_1 sin., KMe4-3.
- h: *Democricetodon aff. freisingensis* (FAHLBUSCH, 1964). Mettlen 4. m_1 dext. (invers), KMe4-4).
- i: *Democricetodon sp.*, Chräzerentobel 655 m. m_1 sin. (KCrä 3).
- j: *Eumyarion medius* (LARTET, 1851). Mettlen 4. m_1 sin., KMe4-6.
- k: *Eumyarion aff. latior* (SCHAUB & ZAPFE, 1953). Chräzerentobel 655 m. M^1 dext. (invers), KCrä 5.

Um Vergleiche zu erleichtern, sind alle Zähne als linke abgebildet worden. Zähne des rechten Ober- und Unterkiefers tragen den Verweis «invers». Sammlungsnummern mit einem vorangestellten «K» bedeuten, dass sich die Abbildungsoriginale in der Privatsammlung Kälin befinden.

M^1 dext. = erster, rechter oberer Molar
 m_1 sin. = erster, linker unterer Molar

- l: *Anomalomys aff. gaudryi* GAILLARD, 1900. Chräzerentobel 655 m. m_1 sin (KCrä 6).
- m: *Anomalomys aff. gaudryi* GAILLARD, 1900. Chräzerentobel 655 m. M^1 sin., (KCrä 7).
- n: *Collimys cf. longidens* KÄLIN & ENGESESSER, 2001. Chräzerentobel 655 m. m_1 dext. (invers, KCrä 8).
- o: *Collimys cf. transversus* HEISSIG, 1995. Ottenberg 3. m_1 dext. (invers), Ott 1.
- p: *Megacricetodon ? aff. minor* (LARTET, 1851) seu *minutus* (DAXNER-HÖCK, 1967). Chräzerentobel 655m. M^1 sin., KCrä 10.
- q: *Democricetodon aff. freisingensis* (FAHLBUSCH, 1964). M^1 dext. (invers, KMe4-5).
- r: *Democricetodon sp.*, Chräzerentobel 655 m. M^1 sin., (KCrä 4).
- s: *Democricetodon cf. affinis* (SCHAUB, 1925). Chräzerentobel 505 m. M^1 sin., Crä 11.
- t: *Democricetodon freisingensis* FAHLBUSCH, 1964. Chräzerentobel 505 m. M^1 dext. (invers), Crä 12.
- u: *Collimys cf. longidens* KÄLIN & ENGESESSER, 2001. Chräzerentobel 655 m. M^1 sin., (KCrä 9).
- v: *Keramidomys aff. mohleri* ENGESESSER, 1972. Mettlen-Weid. $m_{1/2}$ sin., MeW 2.
- w: *Keramidomys cf. mohleri* ENGESESSER, 1972. Greuterschberg. $m_{1/2}$ sin., Gre 1.
- x, y: *Keramidomys aff. mohleri* ENGESESSER, 1972. Chräzerentobel 655 m. $m_{1/2}$ dext. (invers, KCrä 13) und $M^{1/2}$ sin. (invers, KCrä 14).



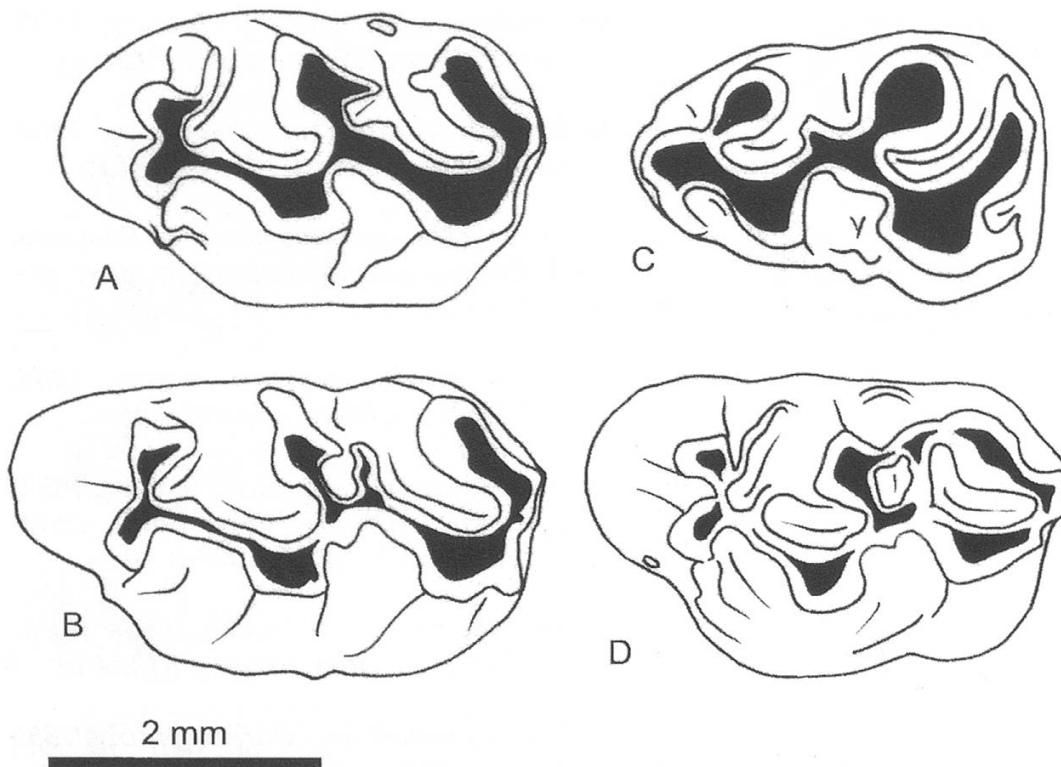


Abbildung 5: Charakteristische Zahnpositionen der für den Zeitbereich hohe MN 6 – MN 8 stratigraphisch wichtigsten Nagetier-Arten aus der Ostschweiz (Fortsetzung). Massstab ca. 12,5:1.

A, C: *Cricetodon cf. sansaniensis* (LARTET, 1851). Mettlen 4. m_1 sin. (KMe4-7) und M^1 sin. (KMe4-8).

B: *Cricetodon* sp. Schauenberg-Langriet. M^1 sin., PIMUZ A/V 4277.

D: *Deperetomys hagni* FAHLBUSCH, 1964. Ottenberg 3. M^1 sin., Ott 2. Um Vergleiche zu erleichtern, sind alle Zähne als linke abgebildet worden. Zähne des rechten Ober- und Unterkiefers tragen den Verweis «invers».

M^1 dext. = erster, rechter oberer Molar

m_1 sin. = erster, linker unterer Molar

wohl der für MN 8 typische *Deperetomys* fehlt. Dieses Fehlen könnte auf die besondere Sedimentologie der Fundstelle Imenberg zurückzuführen sein, handelt es sich doch um ausgeprägt palustrisch-lakustrische² Sedimente.

Chräzerentobel 655 m

Die von Th. Bolliger entdeckte Fundstelle Chräzerentobel 655 m enthält einige Elemente, die für ein jüngeres Alter als dasjenige der ehemaligen europäischen Referenzlokalität für MN 8, Anwil, sprechen. Da ist zunächst die *Collimys*-Form zu nennen, die grosse Ähnlichkeiten mit *Collimys longidens* vom Nebelbergweg (Kanton Solothurn, Juranagelfluch des Beckens von Laufen, basale MN 9, (KÄLIN & ENGESSER, 2001) aufweist. Die Gattung *Anomalomys* ist durch eine etwas grössere und modernere Form vertreten als in Anwil, wo *Anomalomys gaudryi* auftritt. Die Gattung

² Sedimente, die im ufernahen Bereich eines Sees oder in einer sumpfbartigen Umgebung entstanden sind.

Eumyarion ist durch eine Eumyarion latior nahestehende, aber aussergewöhnlich grosse Form vertreten. Zudem tritt eine Democricetodon-Art auf, die Democricetodon affinis nahesteht, aber bisher aus der OSM der Schweiz von keiner anderen Fundstelle bekannt wurde. Ein auffälliges Merkmal der Fauna Chräzerentobel 655 m ist ausserdem das völlige Fehlen charakteristischer Arten wie Megacricetodon similis, Megacricetodon germanicus, Democricetodon brevis und Democricetodon freisingensis. Von der an anderen Fundstellen häufigen Gattung Megacricetodon sind nur einige wenige Zähne überliefert. Ob dieses Fehlen auf ökologische oder stratigraphische Gründe zurückgeführt werden muss, kann zur Zeit nicht beantwortet werden.

Für ein höheres Alter als dasjenige der Fundstelle Nebelbergweg (basale MN 9, KÄLIN & ENGESSER, 2001) sprechen Formen wie Galerix und Anomalomys aff. gaudryi, die an der Lokalität Nebelbergweg durch höher evoluierte Formen wie Schizogalerix und Anomalomys aff. gaillardi vertreten sind. Aus diesen Gründen wird für Chräzerentobel 655 m ein mittleres bis eventuell jüngeres MN 8-Alter veranschlagt.

Die höchsten Anteile des Wellenberges stellen somit die jüngsten datierten OSM-Sedimente der Ostschweiz dar. Noch jüngere Anteile der OSM sind in der Ostschweiz lediglich in den weit im Norden gelegenen (jüngeren) Juranagelfluhen (Randen, Hegau) und eventuell den aus der Gegend von St. Gallen bekannten Tannenwald-Schottern und -Sanden (HOFMANN, 1957) zu erwarten.

3 BIO- UND LITHOSTRATIGRAPHISCHE KORRELATIONEN SOWIE BEOBACHTUNGEN ZUR UNTERGRENZE DER «KONGLOMERATSTUFE» (SENSU HOFMANN, 1951)

3.1 DAS WELLENBERG-PROFIL

Für die Lithostratigraphie des Wellenberges bedeutend ist der Befund von HOFMANN (1975), dass weder der im Gebiet N von St. Gallen aufgefundene Blockhorizont³ mit Malmkalken (HOFMANN, 1973a), ein Äquivalent des Ries-Impaktes, noch eines der vier ostschweizerischen Bentonit-Niveaus am Wellenberg aufgefunden wurde. HOFMANN (1975) vermutete das Niveau des Blockhorizontes am Wellenberg auf ca. 540 m ü. M. Die bereits tiefer, auf 505 m ü. M. gelegene Fundstelle Chräzerentobel 505 m belegt aber ein deutlich jüngeres Alter (basisnahe MN 7+8), als es aufgrund der Nähe zu einem hypothetischen Blockhorizont zu erwarten wäre. Ostschweizerische Faunen aus der unmittelbaren Nähe des Blockhorizontes wie Chatzenstrebel und Uzwil-Nutzenbuech (REICHENBACHER et al. 1998) zeigen weitaus urtümlichere Faunen, die an die Basis der MN-Einheit MN 6 zu stellen sind. Aufgrund der Erkenntnisse der Kleinsäugerstratigraphie wäre der Blockhorizont am Wellenberg erst in einer Höhe, bzw. Tiefe von ca. 200 bis 250 m ü. M. zu erwarten. Wie schon oben erwähnt, stellt die OSM-Abfolge am Wellenberg die jüngsten datierten OSM-Sedimente der Ostschweiz dar.

³ In Bayern «Brockhorizont» in der Ostschweiz «Blockhorizont» genannt, entspricht dieser einem vor ca. 14,9 Mio. Jahren durch einen Meteoriteneinschlag entstandenen Horizont mit ausgezeichnetem stratigraphischen Leitwert. Die in der Ostschweiz nur verzeinzelt nachgewiesene Schicht enthält Auswurfprodukte (vor allem Malm-Kalke) des im Nördlinger Ries (Süddeutschland) eingeschlagenen Meteoriten.

3.2 DIE UNTERGRENZE DER «KONGLOMERATSTUFE» (SENSU HOFMANN, 1951)

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, liegt die Basis der «Konglomeratstufe» im Profil Chräzerentobel innerhalb der Säugetier-Einheit MN 8. Eine Typlokalität und ein Typprofil für die «Konglomeratstufe» existiert nicht (vgl. HABICHT, 1987). Als Ausgangspunkt für eine Diskussion über die «Konglomeratstufe» kann aber die Ramschwag-Nagelfluh südöstlich Bischofszell gelten (vgl. HOFMANN, 1951), die derselbe Autor 1973 an die Basis seiner «Konglomeratstufe» stellt. Die Ramschwag-Nagelfluh liegt 65 m über der Erlenzholz-Nagelfluh, die ihrerseits wiederum 2 m über dem ostschweizerischen Blockhorizont liegt (HOFMANN, 1973a: 87). Nach HEISSIG (1997) und REICHENBACHER et al. (1998) ist der süddeutsche Brockhorizont und sein ostschweizerisches Äquivalent, der Blockhorizont, an die Basis der Säuger-Einheit MN 6 zu stellen. Die in REICHENBACHER et al. (1998) angeführte Säugetierfundstelle Uzwil-Nutzenbuech, südöstlich Wil, liegt ca. 30–40 m über dem Impakthorizont und wird ebenfalls noch in den Basisbereich der Säugetier-Einheit MN 6 gestellt. Wenige Meter unterhalb der Ramschwag-Nagelfluh liegt die Säugetierfundstelle Lauftenbach (BOLLIGER, 1998), die dieser Autor in den unteren Teil von MN 6 stellt. Die Basis der Ramschwag-Nagelfluh (und damit der dortigen «Konglomeratstufe») fällt somit in die untere MN 6, vermutlich in den Grenzbereich der Niveaus von Uzwil-Nutzenbuech und Rümikon. Damit ist zwischen der Gegend südöstlich von Bischofszell (proximal⁴) und dem Wellenberg (distal⁵) auf eine Distanz von ca. 15 km eine deutliche Diachronie der Untergrenze der «Konglomeratstufe» (sensu HOFMANN, 1951) belegt. Dies ist nicht weiter erstaunlich, da es sich bei der «Konglomeratstufe» um eine lithologische Fazies handelt, die sich mit dem weiteren Vorbau der alpinen Front und der ihr vorgelagerten Schuttfächer im Verlaufe der Zeit von proximal nach distal verschoben hat.

3.3 DIE UNTERGRENZE DER «KONGLOMERATSTUFE» SÜDLICH METTLLEN

Zwischen Mettlen und Greuterschberg kann die Basis der «Konglomeratstufe» (sensu HOFMANN, 1951) zweimal biostratigraphisch gefasst werden. Südlich Mettlen liegt auf Kote 545 m die Fundstelle Mettlen 4 (BOLLIGER, 1997) nach der geologischen Karte von HOFMANN (1973b) bereits 5–15 m über der Basis der dortigen «Konglomeratstufe». Etwas weniger als 2 km weiter südöstlich liegt die Fundstelle Mettlen-Weid ca. 10 m über dem Kohlehorizont von Tinkelmoosholz (HOFMANN, 1951) auf Kote 630 m und somit, wieder nach der geologischen Karte von HOFMANN (1973b), ca. 20 m über der Basis seiner «Konglomeratstufe». Zwischen diesen beiden Nagelfluh-Niveaus postulierte HOFMANN einen SE-NW-streichenden Bruch, der den nordöstlichen Bereich ca. 70–80 m tiefer setzen würde. Die Fundstelle Mettlen 4 repräsentiert biostratigraphisch hohe MN 6 (Niveau von Oeschgraben), Mettlen-Weid jedoch bereits höchste MN 6 (Niveau von Mettlen-Weid). Obwohl die beiden Fundstellen nach HOFMANN (1973b) beinahe in demselben lithostratigraphischen Niveau liegen sollen, weisen sie biostratigraphisch einen beträchtlichen Altersunterschied auf.

⁴ nahe dem Schüttungszentrum

⁵ im Randbereich des Schuttfächers

Der oben genannte Widerspruch, dass die Basis der «Konglomeratstufe» auf kürzeste Distanz ein unterschiedliches Alter aufweisen soll, kann dadurch gelöst werden, dass der von HOFMANN (1951, 1973b) postulierte Bruch zwischen den beiden Fundstellen Mettlen 4 und Mettlen-Weid nicht existiert. Damit liegt eine einfache stratigraphische Abfolge vor, wobei allerdings die höhere Konglomeratschüttung auf 620 m ü. M. nicht mehr der Basis der «Konglomeratstufe» entsprechen würde. Diese Lösung ist umso wahrscheinlicher, als damit von den generellen Schichtmächtigkeiten her vergleichbare Verhältnisse vorliegen wie im ca. 20 km weiter westlich gelegenen Schauenberg-Gebiet (vgl. unten und Abbildung 3).

Aus der Schauenberg-Gegend südöstlich von Winterthur liegt das derzeit am besten mit säugetierstratigraphischen Daten belegte Profil der jüngeren OSM vor (vgl. Abbildung 3). Das Profil Schauenberg beinhaltet insgesamt 14 Säugetierfundstellen mit einem Zahnmaterial von ca. 4500 Einzelzähnen. An der Basis dieses Profils ermöglicht der Bentonit von Kollbrunn (PAVONI & SCHINDLER, 1981, Bentonitniveau von Leimbach) eine Korrelation zu der OSM des Zürichsee-Gebietes. Im Dach des Profils ermöglicht die Höchegg-Brekzie (BOLLIGER, 1998) eine Korrelation ins zentrale Hörnli-Gebiet und damit zum magnetostratigraphisch kalibrierten Hörnli-Profil (KEMPF et al. 1997). Über dem Bentonit von Kollbrunn sind im Schauenberg-Profil noch ca. 390 m OSM-Sedimente erhalten, die sich über 5 Säugerniveaus erstrecken (mittlere MN 6 bis MN 8, Niveaus von Rümikon bis Anwil, vgl. Abbildung 3).

Mit dem Wegfall des oben erwähnten Bruches und den damit resultierenden neuen Schichtmächtigkeiten drängt sich eine kritische Neubeurteilung einiger lithostratigraphischer Horizonte im Gebiet südwestlich von Bischofszell auf, was in den nachfolgenden Kapiteln erfolgen soll.

3.4 DAS BENTONITNIVEAU SCHOOSSTOBEL/HERTENBERGTOBEL

HOFMANN (1973c) gebührt der Verdienst, die beiden einander entsprechenden Bentonitvorkommen von Schoosstobel und Hertenbergtobel entdeckt zu haben. Beide Vorkommen liegen ca. 40–50 m über der Säugetierfundstelle Uzwil-Nutzenbuech (REICHENBACHER et al. 1998, Niveau von Uzwil-Nutzenbuech). Die damit verbundene Position 70–80 m über dem ostschweizerischen Blockhorizont erlaubt eine Korrelation mit dem Leimbacher Bentonit-Niveau. Das Leimbacher Bentonit-Niveau liegt innerhalb des schweizerischen Säuger-Niveaus von Rümikon (vgl. auch Abbildung 3).

3.5 DAS BENTONITNIVEAU WALDKIRCH/MOLLEN

Der Bentonit von Waldkirch/Mollen (HOFMANN, 1973c: S. 10) liegt topographisch ca. 100 m höher als das Bentonitniveau von Schoosstobel und Hertenbergtobel. HOFMANN (1973b) ging davon aus, dass es sich bei den Bentonitlagen in der Umgebung von Bischofszell um ein einziges Niveau handelt. Unter dieser Annahme war er gezwungen, zwischen den Bentonitvorkommen von Schoosstobel und Hertenbergtobel einerseits und Waldkirch/Mollen andererseits einen Bruch zu postulieren. Dies obwohl das Bentonitvorkommen von Waldkirch/Mollen mit einer Mächtigkeit von bis zu 1 m (HOFMANN et al. 1975, BERLI, 1985) deutlich mächtiger ausgebildet ist als die geringmächtigen Vorkommen im Schoos- und Hertenbergtobel (ca. 0,1 m), welche lithologisch auch andersartig ausgebildet sind.

Säugetierstratigraphisch kann der Bentonit von Waldkirch/Mollen noch nicht eindeutig gefasst werden. BERLI (1985) erwähnt zwar den Fund eines Kleinsäugerzahnes (*Eomuscardinus sansaniensis*) aus einer Mergellage unmittelbar über dem Bentonitniveau. Eine weitere, neue Beprobung durch den Autor hat zwar zusätzliches Kleinsäugermaterial ergeben, die Fossilführung ist jedoch sehr gering und das vorliegende Material erlaubt zurzeit keine eindeutige Alterseinstufung.

Nimmt man an, dass der Bentonit von Waldkirch/Mollen nicht dem Bentonitniveau Schoosstobel/Hertenbergtobel entspricht (und somit kein postulierter Bruch zwischen diesen Vorkommen vorliegen würde), dann käme der Bentonit von Waldkirch-Mollen lithostratigraphisch ca. 100 m höher zu liegen als die erwähnten Bentonite im Schoosstobel/Hertenbergtobel. Dies würde demnach einer Lage ca. 170–180 m über dem Blockhorizont entsprechen. Genau diese Situation liegt auch vor: der Bentonit von Waldkirch/Mollen liegt auf 690 m ü. M., der nur ca. 4 km weiter nordöstlich, genau im Streichen gelegene Blockhorizont liegt auf 520 m ü. M. Um die Schichtmächtigkeiten seines stratigraphischen Konzepts aufrecht zu erhalten, war HOFMANN (1973b) wiederum gezwungen, zwischen diesen beiden Aufschlüssen einen Bruch zu postulieren.

Im direkten Vergleich mit dem Schauenberg-Profil (Abbildung 3) käme der Bentonit von Waldkirch/Mollen in das Säuger-Niveau von Oeschgraben zu liegen. Aus der sehr gut untersuchten OSM der Umgebung von Zürich sind bisher drei Haupt-Bentonit-Niveaus (von unten nach oben: Urdorf, Küsnacht und Leimbach) und ein untergeordnetes Bentonit-Niveau (Riedhof, ca. 20 m unter dem Leimbach-Bentonit) bekannt (GUBLER, 1987). Das oberste Bentonit-Niveau (Leimbach) kommt biostratigraphisch in das Säuger-Niveau von Rümikon zu liegen. Somit stellen die Bentonit-Vorkommen von Waldkirch/Mollen und von Bischofszell (siehe unten) ein neues, lithostratigraphisch höchstgelegenes Bentonitniveau in der ostschweizerischen OSM dar (vgl. Abbildung 3). Das Bentonitniveau Waldkirch/Mollen–Bischofszell kommt ca. 100 m über das Bentonitniveau Leimbach und in das Säuger-Niveau Oeschgraben zu liegen. Ein möglicherweise gleichaltriges, aber deutlich geringmächtigeres Bentonitvorkommen (Niveau von Oeschgraben oder Mettlen-Weid) ist aus der über 180 km weiter westlich gelegenen OSM der Synklinale von Le Locle (NE) bekannt (FAVRE, 1911; HOFMANN, 1958; KÄLIN et al. 2001).

3.6 DAS BENTONITVORKOMMEN VON BISCHOFZELL

Das Bentonitvorkommen von Bischofszell (bei Rengishalden, HOFMANN, 1951) liegt ca. 6 km nordwestlich des Bentonitvorkommens von Waldkirch/Mollen, auf Kote 520 m, nach der geologischen Karte von HOFMANN (1973b) ca. 20 m über der Basis seiner dortigen «Konglomeratstufe». Auch dieses Vorkommen der «Konglomeratstufe» betrachtet HOFMANN durch einen Bruch tektonisch gegenüber der Untergrenze der «Konglomeratstufe» auf Kote 630 m, welche jener von Mettlen-Weid entsprechen würde, ca. 110 m tiefergesetzt. Aber wie schon in Kapitel 3.3 erläutert, entspricht die Konglomeratschüttung bei Mettlen-Weid nicht der Basis der «Konglomeratstufe». Lässt man den von HOFMANN postulierten Bruch entfallen und nimmt eine einfache, ungestörte Abfolge an, dann käme das Bentonitvorkommen von Bischofszell ca. 100 m unter die Säugetierfundstelle Mettlen-Weid zu liegen. Mittels der drei im Greuterschberg-Profil gelegenen Faunen lässt sich dieses Profil wiederum sehr gut mit dem

Schauenberg-Profil vergleichen und einhängen (Abbildung 3). Demnach käme der Bentonit von Bischofszell in eine vergleichbare Position zu liegen wie der Bentonit von Waldkirch/Mollen, in das Säuger-Niveau von Oeschgraben. Für eine direkte Korrelation dieser beiden Bentonithorizonte spricht auch ihre grosse Mächtigkeit sowie die Vergesellschaftung mit Glastuffen, die den anderen Bentonitvorkommen fehlt, vgl. HOFMANN et al. (1975).

4 STRATIGRAPHISCHE UND TEKTONISCHE KONSEQUENZEN

Der auf den ersten Blick unbedeutend erscheinende Wegfall der oben aufgeführten Brüche hat sowohl in stratigraphischer als auch in tektonischer Hinsicht grosse Auswirkungen auf das Untersuchungsgebiet.

4.1 STRATIGRAPHISCHE KONSEQUENZEN

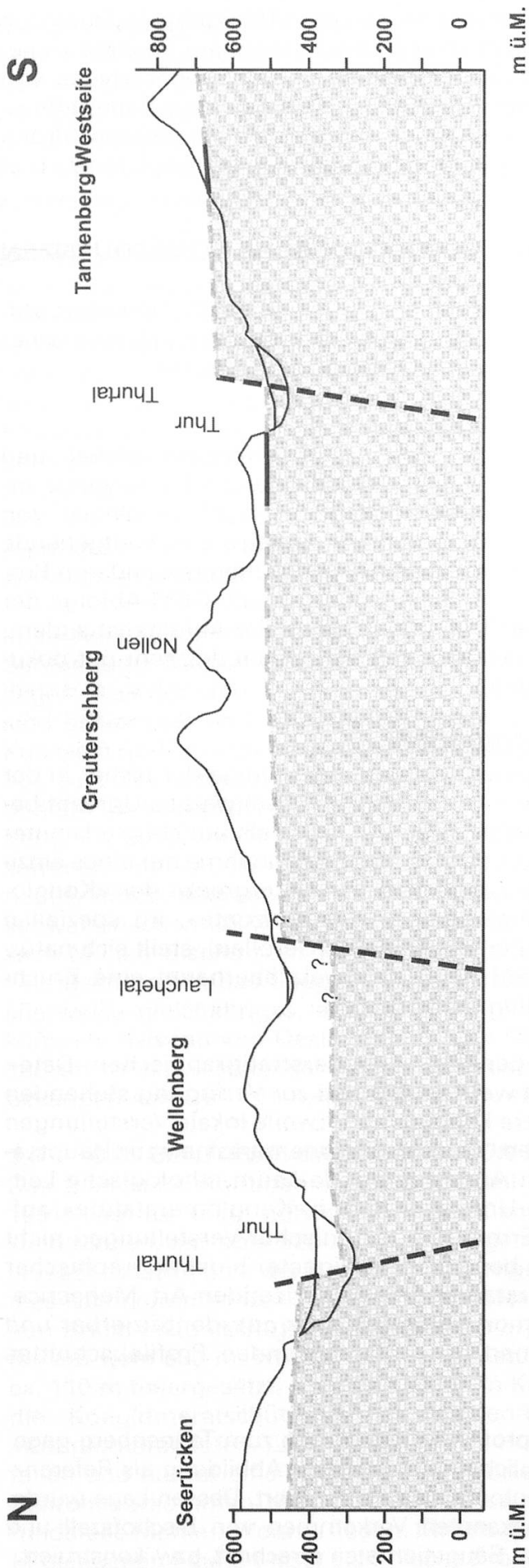
Indem die Bentonitniveaus von Schoosstobel-Hertenbergtobel und Waldkirch/Mollen-Bischofszell als unterschiedliche Bentonitniveaus erkannt werden, wird die Schichtmächtigkeit der OSM im Gebiet von Bischofszell um ca. 100 m erhöht. Dadurch ergibt sich eine weitgehende Übereinstimmung der generellen Schichtmächtigkeiten mit anderen Profilen in der Hörnli-Schüttung (z.B. Schauenberg-Profil, OSM-Abfolge der Umgebung von Zürich). Die vorgefundene Säugetier-Abfolge ist zudem, soweit vergleichbar, absolut identisch mit derjenigen des sehr gut dokumentierten Schauenberg-Profiles.

4.2 TEKTONISCHE KONSEQUENZEN

Es konnte obenstehend aufgezeigt werden, dass einige der bisher in der Literatur aufgeführten Brüche in der OSM der Ostschweiz zu Unrecht bestanden. Da diese Brüche damals aufgrund heute als unrichtig erkannter geologischer Annahmen postuliert wurden (z.B. Annahme nur eines einzigen Bentonitniveaus, falsche Korrelation der Untergrenze der «Konglomeratstufe», Verwendung ungeeigneter «Leithorizonte», im speziellen Nagelfluhen mit hohen Gehalten an Ophiolith-Geröllen), stellt sich natürlich die Frage, ob in der OSM der Ostschweiz überhaupt eine Bruchtektonik und grössere Verstellungen vorliegen.

Aufgrund der heute vorliegenden säugetierstratigraphischen Daten muss diese Frage klar bejaht werden. Mit den zur Verfügung stehenden Fundstellen fossiler Säugetiere können mittlerweile lokale Verstellungen relativ genau ermittelt werden. Die Korrelationen erfolgen zur Hauptsache mit biostratigraphischen Argumenten, da kaum lithologische Leit-horizonte vorliegen und die Untergrenze der «Konglomeratstufe» aufgrund ihrer Diachronie zur Ermittlung tektonischer Verstellungen nicht verwendet werden kann. Als besonders geeigneter biostratigraphischer Horizont erwies sich das Erstauftreten der Cricetiden-Art *Megacricetodon similis*. Diese Art ist morphologisch sehr gut identifizierbar und zudem in den meisten Faunen des entsprechenden Profilabschnittes häufig vertreten.

In Abbildung 4 wird ein Querprofil vom Seerücken zum Tannenbergrücken gegeben. Zur besseren Veranschaulichung ist in dieser Abbildung als Referenzhorizont das Bischofszeller Bentonitniveau aufgeführt. Dessen Lage wurde, mit Ausnahme der beiden bekannten Vorkommen von Bischofszell und Waldkirch/Mollen, aufgrund der Säugetierdaten errechnet, bzw. konstruiert.



— Bentonitniveau von Bischofszell nachgewiesen

hypothetischer Verlauf des Bentonitniveaus von Bischofszell aufgrund der säugetierstratigraphischen Daten

▨ Molasse unterhalb des Bentonitniveaus von Bischofszell

Abbildung 6: Vereinfachtes Querprofil vom Tannenberg zum Seerücken zum Seerücken mit Angabe der ermittelten Versetzungsbeträge. Als Referenzhorizont wurde die konstruierte resp. aufgrund der Säugerdaten errechnete Lage des Bischofszeller Bentonitniveaus verwendet. Die unter dem Bischofszeller Bentonitniveau gelegene OSM wurde zur besseren Orientierung dunkler eingefärbt.

Im folgenden werden die wichtigsten fassbaren Verstellungen in der OSM diskutiert. In den angegebenen Verstellungsbeträgen sind die jeweiligen (meist geringen) Schichtneigungen bereits mit einbezogen.

Vergleich Profil Tannenberg–Greuterschberg

Mit den einander entsprechenden Bentoniten von Waldkirch/Mollen (690 m ü. M.) auf der südlichen und Bischofszell (520 m ü. M.) auf der nördlichen Seite des Thurtales lässt sich deren gegenseitige Verstellung genau fassen. Unter Berücksichtigung des Nordfallens der Tannenberg-Nordseite resultiert somit eine Tieferstellung des Greuterschberg-Gebietes um ca. 150 m. Auch die säugetierstratigraphischen Daten belegen diese Verstellung. Die Fundstelle Uzwil-Nutzenbuech (basale MN 6) liegt auf ca. 520 m ü. M., die Fundstelle Mettlen 4 (hohe MN 6) nur geringfügig höher, auf ca. 545 m ü. M.

Vergleich Profil Greuterschberg–Wellenberg

Im Profil Greuterschberg liegt das Erstauftreten von *Megacricetodon similis* auf Kote 620 m ü. M. (Fundstelle Mettlen-Weid, höhere MN 6). Im Profil Wellenberg ist *Megacricetodon similis* schon auf Kote 505 m ü. M. belegt (Fundstelle Chräzerentobel 505 m). Das dortige Erstauftreten dürfte aber noch mindestens ca. 30–40 m tiefer liegen, da Chräzerentobel 505 m tiefe MN 7+8 repräsentiert. Unter Berücksichtigung eines geringen Schichteinfallens gegen N resultiert für das Profil Wellenberg eine um ca. 140–150 m tiefere Lage. Diese Verstellung ist auf WSW-ENE verlaufende Brüche innerhalb des Lauchetals zurückzuführen. Zumindest einer dieser Brüche konnte von HOFMANN (1993) im Feld gefasst werden, wobei er für diesen Bruch eine Absenkung des Nordteils um ca. 80 m vermutete.

Zwischen dem an den Wellenberg östlich anschliessenden Ottenberg und der Greuterschberg-Region liegt ebenfalls eine Verstellung von minimal 150 m vor. Dies geht aus der gegenseitigen Lage der Fundstellen Mettlen 4 (545 m ü. M., hohe MN 6) und Ottenberg 3 (555 m ü. M., MN 8) hervor.

Die auffällige, NW-SE verlaufende Talung zwischen Wellen- und Ottenberg, Bestandteil des von SCHMIDLE (1931) und HOFMANN (1951) postulierten «Thurgrabens», legt die Existenz einer bedeutenden Querstörung zwischen Wellen- und Ottenberg nahe. Biostratigraphisch lässt sich dies vorderhand nicht nachweisen, da in der OSM-Abfolge des Ottenbergs bisher nur eine aussagekräftige Fundstelle vorliegt (Ottenberg 3) und diese aufgrund ihrer topographischen Lage nicht zwingend eine Verstellung erfordert. Die in beckenparalleler Richtung am Wellenberg stets in konstanter Höhe einsetzende Untergrenze der «Konglomeratstufe» setzt am Ottenberg in vergleichbarer topographischer Höhe ein (ca. 590–600 m ü. M., vgl. BOLLIGER, 1996).

Vergleich Profil Seerücken–Ottenberg

Die Fundstelle Helsighausen (BOLLIGER, 1994) auf dem Seerücken belegt auf Kote 600 m ü. M. mit dem Leitfossil *Megacricetodon gregarius* exakt das Niveau von MN 7. Die Fundstelle Ottenberg 3 (BOLLIGER, 1996) am Ottenberg belegt auf Kote 555 m schon MN 8. Somit ist zwischen Helsighausen und Ottenberg 3 eine Verstellung von mindestens ca. 60 m belegt, wobei der südliche Teil (Ottenberg) um mindestens diesen Betrag tiefergesetzt wäre.

Vergleich Profil Schauenberg–Greuterschberg

Im Profil Schauenberg lässt sich das Erstauftreten von *Megacricetodon similis* sehr präzise fassen: *M. similis* ist erstmals auf Kote 675 m ü. M.

(Fundstelle Schmidrüti⁶, höhere MN 6) belegt. In den nur wenig tiefergelegenen Fundstellen (z.B. Hutziker Tobel 670 m, Huggenberg 3) fehlt *M. similis*. Im Profil Greuterschberg tritt *M. similis* bereits auf Kote 630 m (Fundstelle Mettlen-Weid, höhere MN 6) auf. Aus der geologischen Karte von HOFMANN (1988) und eigenen Beobachtungen geht hervor, dass die Untergrenze der «Konglomeratstufe» im Greuterschberg-Gebiet kein Axialgefälle nach Osten aufweist. Somit kann kein kontinuierliches Axialgefälle von ca. 5‰ herangezogen werden, um die mindestens 60 m tiefere Lage des Greuterschberg-Profiles gegenüber dem Schauenberg-Profil zu erklären, wie dies BOLLIGER (1998, S. 329) versucht. Die mindestens 60 m tiefere Lage ist auf NW-SE verlaufende Verstellungen zurückzuführen, die sich deutlich morphologisch abzeichnen (z.B. die Talanlagen zwischen Frauenfeld und Wil), deren genauer Verlauf aber schwer zu fassen ist.

Vergleich Profil Schauenberg–Wellenberg

Im Profil Schauenberg liegt das Erstauftreten von *Megacricetodon similis* auf Kote 675 m ü. M. (Fundstelle Schmidrüti, höhere MN 6). Im Profil Wellenberg ist *M. similis* schon auf Kote 505 m ü. M. belegt (Fundstelle Chräzerentobel 505 m). Das dortige Erstauftreten dürfte aber noch mindestens ca. 30–40 m tiefer liegen, da Chräzerentobel 505 m tiefe MN 7+8 repräsentiert. Somit ist für dieses biostratigraphische Niveau eine Verstellung von ca. 220 m belegt. Diese 220 m setzen sich aus zwei Komponenten zusammen: mindestens 60 m entfallen auf NW-SE verlaufende Bruchsysteme (z.B. zwischen Frauenfeld und Wil), 150 m entfallen auf die WSW–ENE verlaufenden Brüche innerhalb des Lauchetals zwischen den Profilen Greuterschberg und Wellenberg.

Vergleich Profil Seerücken–Wellenberg

Auf dem östlichen Seerücken liegt die Fundstelle Helsighausen (MN 7, BOLLIGER, 1994) auf 600 m ü. M. Im Profil Wellenberg (Chräzerentobel) käme MN 7 unterhalb 500 m ü. M. zu liegen. Damit resultiert eine Verstellung, die den Wellenberg um ca. 100–120 m tiefer legt. Dieser Betrag verteilt sich auf zwei Komponenten, mindestens 60 m entfallen dabei auf die Fortsetzung der Verstellung zwischen Seerücken und Ottenberg (vgl. oben). Betragsmässig nicht erfasst werden kann zurzeit die zweite Komponente, eine mögliche nordwestliche Fortsetzung der Verstellung zwischen Wellenberg und Ottenberg.

Schwieriger gestalten sich die Verhältnisse am westlichen Seerücken. HOFMANN (1975) korrelierte die OSM-Abfolge am Seerücken südlich Mammern mit den höchsten Anteilen des Wellenbergs aufgrund des Auftretens von Tuffitlagen. Die Tuffitlagen am Wellenberg liegen biostratigraphisch alle bereits deutlich in MN 8. Die Tuffitlagen südlich Mammern liegen alle unterhalb Kote 560 m ü. M. Die wenige km weiter östlich gelegene Fundstelle Helsighausen (BOLLIGER, 1994) auf Kote 600 m ü. M. belegt aber eindeutig MN 7 und dürfte, trotz eines erkennbaren Schichtansteigens gegen Osten, über diesen Tuffitlagen liegen. Aufgrund fehlender säugetier-

⁶ Es handelt sich um das bisher älteste Auftreten von *Megacricetodon similis* in der OSM der Schweiz. *Megacricetodon similis* ist in der Fauna von Schmidrüti ein extrem seltenes Faunenelement. Erst in den Faunen von Schauenberg-Langriet und Mettlen-Weid stellt *Megacricetodon similis* ein häufiges Faunenelement dar.

stratigraphischer Daten zur OSM südlich Mammern⁷ ist zurzeit nicht zu entscheiden, ob die Korrelation der Tuffitlagen falsch ist oder ob am Seerücken zwischen Mammern und Helsighausen tektonische Verstellungen vorliegen. Lagen am Seerücken zwischen Mammern und Helsighausen tektonische Verstellungen vor, so müsste der Westteil tiefer liegen als der Ostteil.

4.3 ZUSAMMENFASSUNG TEKTONIK

Eine Zusammenfassung der vor allem auf SCHMIDLE (1911, 1931), HOFMANN (1951) sowie ELBERSKIRCH & LEMCKE (1955) zurückzuführenden Vorstellungen bezüglich der Tektonik in der Molasse südwestlich des Bodensees findet sich in BOLLIGER (1998: Figur 1). Mittels biostratigraphischer Methoden lassen sich in der Tat Bruchsysteme erkennen und die Verstellungsbeträge lassen sich quantitativ erfassen. Hingegen muss eine Vielzahl der von früheren Autoren postulierten Brüche und Horst-Graben-Strukturen verworfen werden. Insbesondere der von SCHMIDLE (1931) und HOFMANN (1951) postulierte «Thurgraben» konnte nicht bestätigt werden. Die sich morphologisch deutlich abzeichnenden Talverläufe Frauenfeld–Müllheim und Oberbüren–Bischofszell, für deren Anlage die erwähnten Autoren den «Thurgraben» verantwortlich machten, sind mit grosser Wahrscheinlichkeit auf Bruchsysteme zurückzuführen, wobei die Verstellungsbeträge maximal 150 m erreichen. Die Lage der Bruchsysteme ist in den Abbildungen 1 und 6 aufgeführt, wobei nur die mit biostratigraphischen Methoden eindeutig nachzuweisenden Bruchsysteme aufgeführt sind. Aufgrund der vorliegenden biostratigraphischen Daten zeigen sich im Querschnitt Tannenbergs–Seerücken (Abbildung 6) zwei jeweils um maximal 150 m abgesunkene Schollen (Greuterschberg [Greutisbärg] und Wellenberg) mit dem Tiefstpunkt auf der Höhe des Wellenberges. Die Grabenstruktur des Wellenberges (Reliefumkehr) entspricht dabei der «Mittelthurgauischen OSM-Senke» von BOLLIGER (1998).

Sämtliche oben aufgeführten Bruchsysteme fallen in Talsysteme, die sich morphologisch gut abzeichnen und z.T. auch mächtige Quartärfüllungen aufweisen. Aus letzterem Grund fällt es schwer, die Bruchsysteme im Feld direkt zu fassen. Sichere Anzeichen von tektonischen Verstellungen (neben der Verstellung des Bentonitniveaus Bischofszell–Waldkirch/Mollen) wurden im Feld von HOFMANN (1988, 1993) nur südlich des Wellenberges aufgefunden. Eine dem Lauchetal folgende, WSW-ENE streichende Störung setzt nach diesem Autor den nördlicheren Teil ca. 80 m tiefer. Die neuesten seismischen Querprofile im Untersuchungsgebiet zeigen nach PFIFFNER et al. (1997) ebenfalls Bruchstrukturen, wobei die einzelnen Brüche und deren Versetzungsbeträge schwierig zu fassen sind. Nach PFIFFNER et al. (1997) setzen sich die Brüche bis in den kristallinen Untergrund fort. Möglicherweise sind die Bruchstrukturen in der Molasse südwestlich des Bodensees mit den weiter nordwestlich auftretenden Bruchsystemen, z.B. der Randen- und der Hegau-Verwerfung, in Verbindung zu setzen.

Das Bild einer regionalen, senkenähnlichen Struktur spricht für das Vorliegen einer extensiven Bruchtektonik, wie sie für das weiter östlich anschliessende Bayerische Molassebecken schon mehrfach bestätigt wurde. Auch für den nur wenig nordöstlich gelegenen Bereich Kreuzlingen–Konstanz wurde eine Bruchtektonik mit Versetzungsbeträgen um ca. 150 m bereits nachgewiesen (BÜCHI et al. 1976).

⁷ Von «Mammern» liegt in der Sammlung des Naturhistorischen Museums Basel ein einzelner Zahn von *Deperetomys* vor, welcher eindeutig MN 8 belegen würde. Die Fundumstände und die genaue Herkunft des Zahnes sind jedoch nicht überliefert, weshalb dieser Fund hier keine Berücksichtigung findet.

Grossmassstäblich gesehen wurde der westliche, grössere Teil des schweizerischen Molassebeckens einer Kompressions- und Abschertektonik unterworfen, die in Zusammenhang mit der spätmiozänen Jurafaltung (LAUBSCHER, 1961) gesetzt wird. Diese Kompressionstektonik innerhalb des schweizerischen Molassebeckens ist bis wenig östlich von Zürich anhand von schwachen Syn- und Antiklinalen nachgewiesen. KEMPF et al. (1998) haben zudem den magnetostratigraphischen Nachweis erbracht, dass die – vermutlich im Zusammenhang mit der Jurafaltung – im Gegenurzeigersinn erfolgte Rotation des westlichen Molassebeckens die gesamte Molasseabfolge in demselben Ausmasse betrifft und somit postmolassisch sein muss. Erst östlich der Linie Frauenfeld–Wil treten erstmals Anzeichen einer Extensionstektonik auf.

5 AUSBLICK

Die in der OSM südwestlich des Bodensees erzielten säugetierstratigraphischen Resultate zeigen auf, dass die bisher auf die gesamte östliche Plateaumolasse angewandte Lithostratigraphie der OSM z.T. grundlegend zu revidieren ist. So ist z.B. der Lithofaziesbegriff der «Konglomeratstufe» (sensu HOFMANN, 1951) nur im Tannen–Wellenberg-Gebiet sinnvoll anzuwenden. Dem erweiterten Begriff der «Konglomeratstufe» (sensu BÜCHI, 1957), der im Westen bis zur (konglomeratfreien) OSM-Abfolge des Lindenberges Anwendung fand, fehlt hingegen eine fundierte lithostratigraphische Grundlage und er ist nicht mehr weiter zu verwenden. Für ein besseres Verständnis der OSM-Abfolgen in lithostratigraphischer Hinsicht drängt sich eine intensive sedimentpetrographische Neubearbeitung auf (mit spezieller Wertlegung auf vulkanische Aschenlagen). Erst eine konsequente Neuuntersuchung und kritische Hinterfragung bisher als gesichert betrachteter Korrelationen, verbunden mit Neufunden vulkanischer Aschenlagen, letztere im Verbund mit zusätzlichen Säugetierfundstellen, versprechen eine zuverlässige Klärung der lithostratigraphischen Verhältnisse der OSM auf Schweizer Gebiet.

Die mit fossilen Säugetieren erreichte biostratigraphische Auflösung ist mittlerweile so gut, dass beim Vorliegen von genügend Fundstellen (am besten aus kontinuierlichen Profilen) auch tektonische Verstaltungen zuverlässig erfasst werden können. Für die Molasse SW des Bodensees erfolgte mit der vorliegenden Arbeit ein erster Schritt zur Quantifizierung der wichtigsten Bruchsysteme. Für eine Ermittlung (Lage und Versetzungsbeträge) noch nicht erfasster oder noch nicht fassbarer tektonischer Verstaltungen sind allerdings zahlreiche neue Säugetierfundstellen erforderlich.

6 ANHANG

Faunenlisten der wichtigsten im Text erwähnten Säugetierfundstellen

Mettlen 4

Galerix sp.

Plesiosorex sp.

Dinosorex sp.

Soricidae indet.

Plesiodimylus sp.

Chiroptera indet.

Insectivora indet.

Megacricetodon minor

Megacricetodon aff. germanicus

Democricetodon brevis

Democricetodon aff. freisingensis

Eumyarion medius

Cricetodon cf. sansaniensis

Keramidomys carpathicus

Miodyromys aegercii

? Paraglrulus sp.
Microdyromys koenigswaldi
Microdyromys miocaenicus
Myoglis sp.
Spermophilinus bredai
? Palaeosciurus sp.
? Heteroxerus sp.
Albanensia sp.
Prolagus oeningensis
Lagopsis verus
Trogontherium sp.
Castoridae sp. II
Micromeryx flourensianus
Pliopithecus cf. antiquus
Carnivora indet.
Cervidae indet.

Niderwis

Galerix sp.
Talpidae indet.
Dinosorex sp.
Insectivora indet.
Eumyarion medius
Megacricetodon minor
Megacricetodon aff. germanicus
Democricetodon brevis
Democricetodon freisingensis
Cricetodon sansaniensis
Keramidomys carpathicus
Miodyromys aegercii
Eomuscardinus sansaniensis
Microdyromys sp.
Bransatoglis astaracensis
? Paraglrulus sp.
Gliridae indet.
Palaeosciurus sp.
Spermophilinus bredai
Sciuridae sp. III
Prolagus oeningensis
? Amphilagus sp.
Carnivora indet.
Cervidae indet.

Mettlen-Weid

Galerix sp.
Talpidae indet.
Megacricetodon ? minor
Megacricetodon similis
Democricetodon brevis
Democricetodon cf. ? affinis
Eumyarion cf. latior
Cricetodon sp. (extrem gross)
Keramidomys aff. mohleri
Eomuscardinus aff. sansaniensis

Microdyromys sp.
Gliridae indet. sp. III
Spermophilinus bredai
Miopetaurista sp.
Prolagus oeningensis
Heteroprox larteti

Chräzerentobel 505 m

Galerix sp.
Plesiodimylus sp.
Dinosorex sp.
Soricidae indet.
? Proscapanus sp.
Megacricetodon aff. minor
Megacricetodon similis
Megacricetodon germanicus
Democricetodon freisingensis
Democricetodon brevis
Democricetodon cf. affinis
Cricetodon sp. (extrem gross)
Miodyromys aegercii
Microdyromys sp.
Spermophilinus bredai
Blackia miocaenica
Prolagus oeningensis
Eurolagus sp.
Cervidae indet.

Chräzerentobel 523 m

Galerix sp.
Insectivora indet.
Megacricetodon similis
Megacricetodon germanicus
Megacricetodon sp.
Democricetodon brevis
Democricetodon freisingensis
Eumyarion cf. latior
Cricetodon sp. (extrem gross)
Miodyromys aegercii
Microdyromys sp.
Spermophilinus bredai
Prolagus oeningensis
Trogontherium minutum

Ottenberg 3

Erinaceidae indet.
Talpidae indet.
Soricidae indet.
? Dinosorex sp.
? Chiroptera indet.
Megacricetodon aff. minor
Megacricetodon similis
Megacricetodon sp.
Democricetodon brevis

Democricetodon freisingensis
 Eumyarion cf. latior
 Collimys cf. transversus
 Deperetomys hagni
 Anomalomys gaudryi
 Keramidomys sp.
 Eomyops oppligeri
 Myoglis meini
 Eomuscardinus aff. sansaniensis
 ? Miodyromys sp.
 Microdyromys cf. miocaenicus
 Spermophilinus bredai
 Blackia miocaenica
 Prolagus oeningensis
 Eurolagus aff. fontannesi
 Artiodactyla indet.

Imenberg

Galerix sp.
 Desmanella sp.
 Proscapanus sp.
 Insectivora indet.
 Megacricetodon aff. minor
 Megacricetodon similis
 Megacricetodon germanicus
 ? Democricetodon brevis
 Democricetodon cf. freisingensis
 Microdyromys miocaenicus
 Paraglrulus conjunctus
 Miodyromys aegercii
 Eomuscardinus aff. sansaniensis
 Sciuridae indet.
 Prolagus oeningensis

Greuterschberg

Galerix sp.

Megacricetodon ? aff. minor
 Democricetodon cf. freisingensis
 Democricetodon ? brevis
 ? Collimys sp.
 Eumyarion cf. latior
 Deperetomys sp.
 Neocometes brunonis
 Keramidomys cf. mohleri
 Eomuscardinus aff. sansaniensis
 Bransatoglis sp.
 Microdyromys sp.
 Myoglis sp.
 Prolagus oeningensis
 Trogontherium sp.

Chräzerentobel 655 m

Galerix sp.
 Plesiodimylus sp.
 Talpidae indet.
 Soricidae indet.
 Megacricetodon ? aff. minor
 seu minutus
 Democricetodon sp.
 Collimys cf. longidens
 Eumyarion aff. latior (sehr gross)
 Anomalomys aff. gaudryi
 Keramidomys cf. mohleri
 Eomyops oppligeri
 Myoglis sp.
 Microdyromys sp.
 ? Glirudinus sp.
 Spermophilinus bredai
 Albanensia sp.
 Blackia miocaenica
 Prolagus oeningensis
 Eurolagus fontannesi

ZUSAMMENFASSUNG

Die in den letzten Jahren in der Oberen Süsswassermolasse (OSM) der Ostschweiz durchgeführten säugetierstratigraphischen Untersuchungen ergaben Resultate sowohl bezüglich der Altersfrage und der Korrelation verschiedener OSM-Profile als auch zur Molassetektonik südwestlich des Bodensees.

Der östlich von Frauenfeld gelegene Wellenberg stellt innerhalb der Oberen Süsswassermolasse (OSM) der Ostschweiz einen distalen Faziesbereich der Hörnli-Schüttung dar. Deren lithologische Entwicklung wird im ca. 180 m mächtigen Profil Chräzerentobel auf der Nordseite des Wellenberges dokumentiert. Drei in diesem Profil gelegene und zwei benachbarte Säugtier-Fundstellen erlauben eine Einstufung des Profils in den basalen und mittleren Bereich der Säugtiereinheit MN 7+8 (Oberes Mittelmiozän). Die Säugtierfunde zeigen auf, dass die höchsten Anteile des Wellenberges die bisher jüngsten datierbaren OSM-Sedimente der Ostschweiz darstellen. Speziell hervorzuheben ist die höchstgelegene, gut

dokumentierte und faunistisch diverse Fundstelle Chräzerentobel 655 m (BOLLIGER, 1998), die aufgrund ihrer Kleinsäugerfauna jünger einzustufen ist als die ehemalige europäische Referenzfauna für MN 8, Anwil. Chräzerentobel 655 m repräsentiert ein intermediäres Niveau zwischen den schweizerischen Referenzlokalitäten Anwil (MN 8, hohes Mittelmiozän) und Nebelbergweg (basale MN 9, tiefes Obermiozän).

Mit Hilfe der vorliegenden Kleinsäugerfunde kann aufgezeigt werden, dass die Untergrenze der sog. «Konglomeratstufe» (sensu HOFMANN, 1951) im Gebiet Bischofszell–Wil–Frauenfeld von proximal nach distal jünger (diachron) ist und zudem teilweise auf falschen lithostratigraphischen Korrelationen beruht. Beckenparallel scheint das Einsetzen einzelner markanter Konglomeratschübe hingegen mehr oder weniger isochron ausgebildet zu sein. Mehrere neue Säugetierfundstellen erlauben eine Klarstellung und Vereinfachung der Stratigraphie der OSM im Querschnitt Tannenbergs–Wellenberg. Im wesentlichen zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung der Schichtmächtigkeiten mit vergleichbaren OSM-Abfolgen im westlichen und nördlichen Hörnli-Schutfächer (Zürichsee-Gebiet und Umgebung südöstlich Winterthur). Die einander entsprechenden Bentonitvorkommen von Bischofszell und Waldkirch/Mollen werden als ein neues, stratigraphisch höchstgelegenes Bentonitniveau der Ostschweiz erkannt.

Die topographisch tiefe Lage der jüngsten OSM des Wellenbergs bedingt die Existenz von bedeutenden Längs- und Querbrüchen in der Molasse südwestlich des Bodensees. Mit den hier vorliegenden biostratigraphischen Daten können die Lage und die Versetzungsbeträge einiger Bruchsysteme ermittelt werden. Eine Mehrzahl der von früheren Autoren postulierten Brüche und Horst-Graben-Strukturen muss hingegen negiert werden. Insbesondere der von SCHMIDLE (1931) und HOFMANN (1951) postulierte «Thurgaben» kann nicht bestätigt werden. Insgesamt ergibt sich für den Querschnitt Tannenbergs–Seerücken das Bild einer von abgesunkenen Schollen geprägten Extensionstektonik, die sich in einer senkenähnlichen Struktur mit Tiefpunkt auf der Höhe des Wellenbergs äussert.

LITERATUR

- BERLI, S. (1985): Geologische Untersuchungen der Sommersberg-Zone (Kantone Appenzell-Ausserrhoden und St. Gallen). – Unpubl. Diplomarbeit Univ. Zürich, 149 S.
- BOLLIGER, T. (1992): Kleinsäugerstratigraphie in der miozänen Hörnlichüttung (Ostschweiz). – *Documenta naturae* **75**: 1–296.
- BOLLIGER, T. (1994): Geologie und Paläontologie der Glimmersandgrube Helsinghausen (Kt. Thurgau). – *Mitt. thurg. naturf. Ges.* **52**: 63–79.
- BOLLIGER, T. (1996): Drei neue Kleinsäugerfaunen aus der miozänen Molasse der Ostschweiz (MN 3 und MN 7/8). – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* **202**: 95–110.
- BOLLIGER, T. (1997): The current knowledge of the biozonation with small mammals in the Upper Freshwater Molasse in Switzerland, especially the Hörnli-fan. – In AGUILAR, J.-P., LEGENDRE, S. & MICHAUX, J. (Eds.): *Actes du Congrès BiochroM'97*. – *Mémoires et Travaux de l'E.P.H.E., Institut de Montpellier* **21**: 501–513.
- BOLLIGER, T. (1998): Age and geographic distribution of the youngest Upper Freshwater Molasse (OSM) of eastern Switzerland. – *Eclogae geol. Helv.* **91/3**: 321–332.

- BRUIJN, H. DE, DAAMS, R., DAXNER-HOECK, G. et al. (1992): Report of the RCMNS working group on fossil mammals, Reinsburg 1990. – *Newsl. Stratigr.* **26** (2/3): 65–118.
- BÜCHI, U.P. (1957): Zur Gliederung der Oberen Süsswassermolasse (OSM) zwischen Bodensee und Reuss. – *Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing.* **24/66**: 35–42.
- BÜCHI, U.P., SCHLANKE, S. & MÜLLER, E. (1976): Zur Geologie der Thermalwasserbohrung Konstanz und ihre sedimentpetrographische Korrelation mit der Erdölbohrung Kreuzlingen. – *Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing.* **42/103**: 25–33.
- ELBERSKIRCH, W. & LEMCKE, K. (1955): Zur Tektonik der nordalpinen Molassen-senke. – *Z. dtsh. Geol. Ges.* **105**, Jg. 1953, 307–323.
- ENGESSER, B. & MÖDDEN, C. (1997): A new version of the Biozonation of the Lower Freshwater Molasse (Oligocene and Agenian) of Switzerland and Savoy on the basis of fossil mammals. – In AGUILAR, J.-P., LEGENDRE, S. & MICHAUX, J. (Eds.): *Actes du Congrès BiochroM'97. – Mémoires et Travaux de l'E.P.H.E., Institut de Montpellier* **21**: 475–499.
- FAVRE, J. (1911): Description géologique des environs du Locle et de la Chaux-de-Fonds. – *Eclogae geol. Helv.* **11**: 369–476.
- GUBLER, T. (1987): Zur Geologie der Oberen Süsswassermolasse zwischen Zürich und Zug. – Unpubl. Diplomarbeit ETH Zürich.
- HABICHT, J.K.A. (1987): Schweizerisches Mittelland (Molasse). – *Lex. stratigr. int. Europe* **1/7b**: 1–528.
- HEISSIG, K. (1997): Mammal faunas intermediate between the reference faunas of MN 4 and MN 6 from the Upper Freshwater Molasse of Bavaria. – In AGUILAR, J.-P., LEGENDRE, S. & MICHAUX, J. (Eds.): *Actes du Congrès BiochroM'97. – Mémoires et Travaux de l'E.P.H.E., Institut de Montpellier* **21**: 537–546.
- HOFMANN, F. (1951): Zur Stratigraphie und Tektonik des st. gallisch-thurgauischen Miozäns (OSM) und zur Bodenseegeologie. – *Ber. Tätigk. (JB) st. gall. naturw. Ges., H.* **74**: 1–87.
- HOFMANN, F. (1957): Pliozäne Schotter und Sande auf dem Tannenbergr NW St. Gallen. – *Eclogae geol. Helv.* **50**: 477–482.
- HOFMANN, F. (1958): Das Bentonitvorkommen von Le Locle. – *Eclogae geol. Helv.* **51/1**: 65–71.
- HOFMANN, F. (1973a): Horizonte fremdartiger Auswürflinge in der ostschweizerischen Oberen Süsswassermolasse und Versuch einer Deutung ihrer Entstehung als Impaktphänomen. – *Eclogae geol. Helv.* **66/1**: 83–100.
- HOFMANN, F. (1973b): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1074 Bischofszell (Atlasblatt 65). – *Schweiz. Geol. Komm.*
- HOFMANN, F. (1973c): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Erläuterungen zum Blatt 1074 Bischofszell (Atlasblatt 65). – *Schweiz. Geol. Komm.*, 29 S.
- HOFMANN, F. (1975): Vulkanische Tuffe auf dem Wellenberg E von Frauenfeld und neue Funde auf dem thurgauischen Seerücken. – *Eclogae geol. Helv.* **68/2**: 311–318.
- HOFMANN, F. (1988): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1073 Wil (Atlasblatt 86). – *Landeshydrologie und -geologie*, Bern.
- HOFMANN, F. (1993): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Erläuterungen zum Blatt 1073 Wil (Atlasblatt 86). – *Landeshydrologie und -geologie*, 23 S.
- HOFMANN, F., BÜCHI, U., IBERG, R. & PETERS, T. (1975): Vorkommen, petrographische, tonmineralogische und technologische Eigenschaften

- ten von Bentoniten im schweizerischen Molassebecken. – Beitr. geol. Karte Schweiz, geotechn. Serie **54**: 1–51.
- HÜRZELER, J. (1939): Säugetierfaunulae aus dem oberen Vindobonien der Nordwestschweiz. – *Eclogae geol. Helv.* **32/2**: 193–203.
- KÄLIN, D. (1993): Stratigraphie und Säugetierfaunen der Oberen Süsswassermolasse der Nordwestschweiz. – Diss. ETH Zürich, 238 S.
- KÄLIN, D. (1997): The Mammal zonation of the Upper Marine Molasse of Switzerland reconsidered – a local Biozonation of MN 2 – MN 5. – In AGUILAR, J.-P., LEGENDRE, S. & MICHAUX, J. (Eds.): *Actes du Congrès BiochroM'97. – Mémoires et Travaux de l'E.P.H.E., Institut de Montpellier* **21**: 515–535.
- KÄLIN, D., BERGER, J.-P., ENGESSER, B. & WEIDMANN, M. (2001): Paléontologie et âge de la Molasse d'eau douce supérieure neuchâtelois. – *Schweiz. Paläont. Abh.* **121**: 63–99.
- KÄLIN, D. & ENGESSER, B. (2001): Die jungmiozäne Säugetierfauna vom Nebelbergweg bei Nunningen (Kt. Solothurn, Schweiz). – *Schweiz. Paläont. Abh.* **121**: 1–61.
- KEMPF, O., BOLLIGER, T., KÄLIN, D., ENGESSER, B. & MATTER, A. (1997): Revised magnetostratigraphic calibration of Oligocene to Miocene mammal biozones of the North Alpine foreland basin. – In AGUILAR, J.-P., LEGENDRE, S. & MICHAUX, J. (Eds.): *Actes du Congrès BiochroM'97. – Mémoires et Travaux de l'E.P.H.E., Institut de Montpellier* **21**: 547–561.
- KEMPF, O., SCHLUNEGGER, F., STRUNCK, P. & MATTER, A. (1998): Palaeomagnetic evidence for Late Miocene rotation of the Swiss Alps: results from the north Alpine foreland basin. – *Terra Nova* **10**: 6–10.
- LAUBSCHER, H.P. (1961): Die Fernschubhypothese der Jurafaltung. – *Eclogae geol. Helv.* **54/1**: 221–282.
- MEIN, P. (1975): Résultats du groupe de travail des vertébrés: biozonation du Néogène méditerranéen à partir des mammifères. – In: Report on activity of RCMN working groups. (1971–1975), 78–81.
- MEIN, P. (1989): Updating of MN Zones. – In LINDSAY, E.H. et al. (Editors): *European Neogene Mammal Chronology. – NATO ASI Ser. A. 180* (Plenum Press New York), 73–90.
- PAVONI, N. & SCHINDLER, K. (1981): Bentonitvorkommen in der Oberen Süsswassermolasse und damit zusammenhängende Probleme. – *Eclogae geol. Helv.* **74/1**: 53–64.
- PIFFNER, O.A., ERARD, P.F. & STÄUBLE, M. (1997): Two cross sections through the Swiss Molasse Basin. – In PFIFFNER, O.A., LEHNER, P., HEITZMANN, P., MUELLER, S. & STECK, A.: *Deep structure of the Swiss Alps. Results from NRP 20, Schweiz. – Geol. Komm. Basel* 64–72.
- REICHENBACHER, B., BÖTTCHER, R., BRACHER, H., DOPPLER G., VON ENGELHARDT, W., GREGOR, H.J., HEISSIG, K., HEIZMANN, E.P.J., HOFMANN, F., KÄLIN, D., LEMCKE, K., LUTERBACHER, H.P., MARTINI, E., PFEIL, F., REIFF, W., SCHREINER, A. & STEININGER, F.F. (1998): Graupensandrinne – Ries-Impakt: Zur Stratigraphie der Grimmelfinger Schichten, Kirchberger Schichten und Oberen Süsswassermolasse (nördliche Vorlandmolasse, Süddeutschland). – *Z. dt. geol. Ges.* **149** (1): 127–161.
- SCHMIDLE, W. (1911): Zur Kenntnis der Molasse und Tektonik am NW-Bodensee. – *Z. dt. Geol. Ges.* **63/1, A, Abh.**, 522–551.
- SCHMIDLE, W. (1931): Die Geschichte der geologischen Erforschung des Bodensees. – *Bad. Geol. Abh.* **3/2**: 1–40.

Adresse des Verfassers:

Dr. Daniel Kälin, Moosbühlstrasse 3a, 3302 Moosseedorf